



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 24 543 A 1

51 Int. Cl. 7:
F 02 B 37/12
F 02 B 37/04
F 02 B 39/10

21 Aktenzeichen: 101 24 543.2
22 Anmeldetag: 19. 5. 2001
43 Offenlegungstag: 21. 11. 2002

DE 101 24 543 A 1

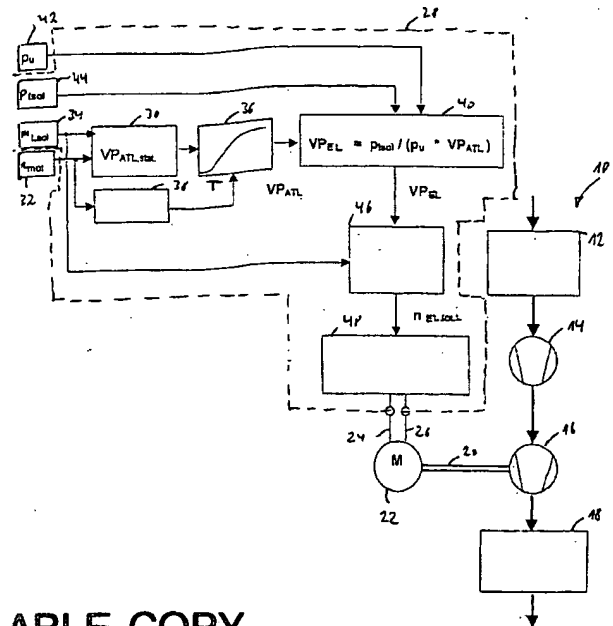
71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Bolz, Martin-Peter, 77815 Bühl, DE; Baeuerle,
Michael, 71706 Markgröningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines elektrisch betriebenen Laders

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines elektrisch betriebenen Laders vorgeschlagen, welcher mit einem Abgasturbolader zur Verdichtung der Brennkraftmaschine zugeführten Luft zusammenwirkt. Die Ansteuerung des elektrischen Laders (EL) erfolgt mittels eines Ansteuersignals, welches abhängig von einem vorgegebenen Wert für das Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Laders gebildet wird.



DE 101 24 543 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines elektrisch betriebenen Laders (EL).

[0002] Es ist bekannt, die Leistung einer Brennkraftmaschine durch Verdichtung der zur Verbrennung des Kraftstoffs benötigten Luft mittels eines Abgasturboladers zu erhöhen, welcher aus einer Turbine und einem in der Luftzuführung zur Brennkraftmaschine betriebenen Verdichter besteht. Abgasturbolader weisen, insbesondere bei Kraftfahrzeugantrieben, den Nachteil eines verzögerten und unzureichenden Ansprechverhaltens bei kleinen Drehzahlen der Brennkraftmaschine auf. Zur Verbesserung des Ansprechverhaltens des Abgasturboladers ist es bekannt, den Abgasturbolader mittels eines elektrischen Hilfsantriebs zu unterstützen. Das kann beispielsweise durch einen in den Abgasturbolader integrierten Elektromotor erreicht werden, der bei kleinen Drehzahlen der Brennkraftmaschine die Welle des Abgasturboladers unterstützend antreibt. Dies bedingt jedoch sowohl eine hohe Drehzahlbelastbarkeit des Elektromotors, als auch einen hohen elektrischen Leistungsbedarf aufgrund der hohen Massenträgheitsmomente der Turbine des Abgasturboladers.

[0003] Zur Vermeidung dieser Nachteile ist beispielsweise aus dem US-Patent 6 029 452 bekannt, einen elektrisch betriebenen Ladeluftverdichter, welcher auch als elektrisch betriebener Hilfs-lader (EL) bezeichnet wird, in der Luftzuführung der Brennkraftmaschine in Reihe zu einem konventionellen Abgasturbolader zu betreiben. Dies hat den Vorteil, dass der separat in der Luftzuführung eingesetzte elektrisch betriebene Hilfs-lader (EL) auf den untersten Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine optimiert werden kann und aufgrund des deutlich geringeren Massenträgheitsmoments und der besseren Wirkungsgrade der Leistungsbedarf desselben deutlich kleiner ausfällt.

[0004] Es hat sich jedoch gezeigt, dass ein reines Ein- und Ausschalten eines solchen elektrischen Turboladers bzw. elektrischen Hilfs-laders (EL) zu Unstetigkeiten im Ladedruckangebot mit einer entsprechenden Unstetigkeit im Drehmoment der Brennkraftmaschine führt. Ferner ist eine weitere negative Folge des Ein- und Ausschaltbetriebs eines solchen elektrischen Laders (EL) eine hohe Bordnetzbelastung des Fahrzeugs.

[0005] Aus der DE-A 197 40 968 ist bekannt, abhängig vom Fahrerwunsch einen Sollwert für die Luftmassenströmung im Saugrohr zu ermitteln. Aus der EP 885 353 B1 ist bekannt, auf der Basis der aus dem Fahrerwunsch abgeleiteten Sollfüllung einen Solldrosselklappenwinkel und einen Soll-ladedruckwert zu ermitteln.

Vorteile der Erfindung

[0006] Eine bedarfsabhängige Steuerung bzw. Regelung des elektrischen Laders bzw. des elektrischen Hilfs-laders (EL) hat zum Vorteil, dass Unstetigkeiten im Ladedruckangebot und somit Unstetigkeiten im Drehmoment des Verbrennungsmotors vermieden werden. Dadurch verbessert sich der Fahrkomfort erheblich. Dieser Vorteil wird durch eine kontinuierliche Ansteuerung des Laders (z. B. durch kontinuierlich veränderbare Sollwerte) verstärkt.

[0007] Ein weiterer Vorteil der bedarfsabhängigen Steuerung bzw. Regelung ist, dass die Bordnetzbelastung des Fahrzeugs verringert wird.

[0008] In besonders vorteilhafter Weise ist die bedarfsabhängige Steuerung bzw. Regelung in bestehenden Motor-

steuerungen ohne funktionale Änderung der Ladedruckregelung einbaubar.

[0009] Besonders vorteilhaft ist die Bestimmung des Bedarfs an einem Eingriff des elektrischen Laders (EL) abhängig von Betriebsgrößen des Fahrzeugs und/oder des Motors wie der Umgebungsdruck oder wie der vom Fahrer angeforderte Ladedrucksollwert, wodurch eine genaue, exakte bedarfsabhängige Steuerung bzw. Regelung erfolgt.

[0010] In besonders vorteilhafter Weise wird durch die bedarfsabhängige Steuerung bzw. Regelung des Laders unnötige oder überhöhte Eingriffe des Laders vermieden.

[0011] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

Zeichnung

[0012] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Fig. 1 zeigt dabei ein Übersichtsblockschaltbild mit Ablaufdiagramm, welches ein erstes Ausführungsbeispiel beschreibt, während in Fig. 2 anhand eines Ablaufdiagramms ein zweites Ausführungsbeispiel dargestellt ist.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0013] Fig. 1 zeigt eine schematisches Blockschaltbild samt Ablaufdiagramm zur bedarfsgerechten Steuerung bzw. Regelung eines elektrischen Hilfs-laders (EL). In Fig. 1 ist schematisch das Luftansaugsystem 10 einer Brennkraftmaschine dargestellt. Die angesaugte Luft wird unter anderem über einen Luftfilter 12, den Verdichter eines Abgasturboladers 14, den elektrischen Hilfs-lader 16 zum Ladeluftkühler 18 und von dort über die Drosselklappe zur Brennkraftmaschine geführt. Der elektrische Hilfs-lader (EL) wird über eine Antriebswelle 20 von einem elektrischen Motor 22, beispielsweise einem Gleichstrommotor, betätigt. Dieser wird über Ansteuerleitungen 24 und 26 von einer elektronischen Steuereinheit 28 betätigt.

[0014] Die elektronische Steuereinheit 28 umfasst wenigstens einen Mikrocomputer, in dem Programme implementiert sind, welche die Steuerung der Brennkraftmaschine sowie die des elektrischen Hilfs-laders (EL) durchführen. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für ein Programm zur Steuerung des elektrischen Hilfs-laders (EL) ist als Ablaufdiagramm in Fig. 1 als Teil der Steuereinheit 28 skizziert. Die dabei verwendeten Blöcke stellen Programme, Programmteile oder Programmschritte eines solchen Programms dar, während die Verbindungspfeile den Informationsfluss repräsentieren.

[0015] In bekannter Weise, daher in Fig. 1 nicht dargestellt, wird abhängig von Last, Drehzahl und einer Vielzahl von weiteren Parametern, wie Temperatur, Höhe, Klopfzustand, etc. ein Ladedrucksollwert (plsoll) und ein Luftmassensollwert (mlsoll) ermittelt. Konkrete Lösungen zur Bestimmung dieser Werte sind aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt. Der Ladedrucksollwert dient dabei zur Ladedruckregelung in Verbindung mit einem Ladedruckkistwert zur Ansteuerung des Abgasturboladers im geschlossenen Regelkreis. Der Ladedruckkistwert wird dabei vorzugsweise gemessen (Drucksensor in Strömungsrichtung vor der Drosselklappe), kann aber auch modelliert werden. Der Luftmassensollwert wird unter anderem zur Einstellung der Drosselklappe weiterverarbeitet (z. B. Bildung des Sollfüllungswerts).

[0016] Der dabei verwendete Ladedruckkistwert repräsentiert also den Druck vor der Drosselklappe, d. h. er enthält sowohl die Wirkung des Verdichters des Abgasturboladers

als auch die des elektrischen Hilfsladers (EL). Zur bedarfsgerechten Ansteuerung des elektrischen Hilfsladers (EL) ist jedoch eine Information über den Beitrag des Abgasturboladers zur Verdichtung allein notwendig (z. B. aktuelles Druckverhältnis über dem Verdichter des Abgasturboladers). Daher wird wie nachfolgend beschrieben das vom elektrischen Hilfslander (EL) einzustellende Druckverhältnis bestimmt. Abhängig von diesem Sollverhältnis wird dann die Drehzahl des elektrischen Hilfsladers (EL.) berechnet, die beispielsweise über eine elektronische Drehzahlregelung des Hilfsladers (EL) oder mittels Steuerung eingestellt wird. Dadurch wird eine präzise, bedarfsabhängige Betätigung des elektrischen Hilfsladers ohne unnötige Bordnetzbelastung, ohne die Gefahr eines unnötigen oder überhöhten Eingriffs des Hilfsladers und ohne Mehraufwand hinsichtlich der verwendeten Sensorik gewährleistet. Anstelle einer Drehzahlregelung oder der Steuerung des elektrischen Motors wird in einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel bei Verwendung eines weiteren Drucksensors vor dem elektrischen Hilfslander das Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Hilfsladers selbst geregelt, wobei das einzustellende Druckverhältnis der Sollwert, das aus dem weiteren Drucksensor und dem Ladedrucksensor ermittelte Druckverhältnis der Istwert eines Regelkreises ist.

[0017] Das in Fig. 1 als Teil der Steuereinheit 28 skizzierte Ablaufprogramm zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorgehensweise zur Bestimmung des einzustellenden Druckverhältnisses. Dazu wird in einem ersten Kennfeld 30 in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{mot} , die von einer entsprechenden Messeinrichtung 32 erfasst wird, und des Soll-Luftmassenstroms, der beispielsweise nach Maßgabe der eingangs genannten Lösung in 34 abhängig vom Fahrerwunsch und weiteren Betriebsgrößen bestimmt wird, das stationär maximal verfügbare Verdichterdruckverhältnis des Abgasturboladers in diesem Betriebszustand ermittelt. Das Kennfeld wird dabei für jeden Motortyp beispielsweise auf einen Prüfstand appliziert. Das Verdichterdruckverhältnis $VPATL_{stat}$ des Abgasturboladers wird dann einem Filter 36 zugeführt, vorzugsweise einem Tiefpassfilter mindestens zweiter Ordnung, welcher das zeitliche Verhalten des Abgasturboladers nachbildet und somit aus dem stationären maximalen Verdichterdruckverhältnis des Abgasturboladers das aktuell maximal verfügbare Verdichterdruckverhältnis des Abgasturboladers $VPATL$ ermittelt. Die Zeitkonstante bzw. die Zeitkonstanten des Filters 36 werden dabei aus einer Kennlinie 38 in Abhängigkeit der Motordrehzahl ausgelesen, wobei mit steigender Motordrehzahl kleinere Zeitkonstanten und somit eine geringere Filterwirkung erzeugt werden.

[0018] Anstelle eines Sollwertes für den Luftmassenstroms kann in anderen Ausführungen auch der gemessene Wert für den Luftmassenstrom zur Bildung des Druckverhältnisses über dem Abgasturbolader herangezogen werden. Ergebnis ist dann das tatsächlich erreichte, nicht wie oben das erreichbare Druckverhältnis. Anstelle der Luftmassenwerte sind auch die entsprechenden Saugrohrdruckwerte oder Füllungswerte (Zylinderfüllung) geeignet.

[0019] Wesentlich ist nun, dass das Gesamtladedruckverhältnis, d. h. das Produkt aus dem Verdichterdruckverhältnis des Abgasturboladers und dem des elektrischen Hilfsladers (EL) gleich dem Quotient aus einem Ladedruckwert zu einem Umgebungsdruckwert ist. Somit bestimmt sich das Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Hilfsladers (EL) gemäß 40 nach Maßgabe des aus dieser Randbedingung abgeleiteten Zusammenhang, nach dem das Verdichterdruckverhältnis $VPEL$ des elektrischen Hilfsladers (EL) aus dem Quotienten des Sollverhältnisses und dem Produkt des Umgebungsdrucks und dem Verdichterverhältnis des Abgasturbo-

laders ermittelt wird.

[0020] Vorzugsweise wird der Umgebungsdruck durch eine Messeinrichtung 42 ermittelt, während als Ladedruckwert ein Sollverhältnis verwendet wird, der gemäß 44 beispielsweise im Rahmen der eingangs genannten Lösung abhängig vom Fahrerwunsch bestimmt wird.

[0021] Das in 40 gebildete Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Hilfsladers $VPEL$ stellt also einen Sollwert für das Verdichterdruckverhältnis dar. Dieser wird einem weiteren Kennfeld 46 zugeführt, welches das Verdichterkennfeld des elektrischen Hilfsladers (EL) darstellt. In diesem, ebenfalls beispielsweise durch Prüfstandsmessungen ermittelten Kennfelds, wird abhängig vom Sollverhältnis des elektrischen Hilfsladers (EL) die Solldrehzahl $NELSOLL$ des Hilfsladers ermittelt. Dies erfolgt abhängig von dem wie oben berechneten Sollverhältnis des elektrischen Hilfsladers (EL) und dem fahrerwunschabhängigen Luftmassenstrom m_{soll} . Abhängig von diesen Größen wird die Solldrehzahl ermittelt und einer Drehzahlregelung 48 zugeführt. Diese bildet dann auf der Basis der Solldrehzahl und einer Istverhältnis (beispielsweise durch Messung des Stromes durch den Motor ermittelt) Ansteuerungssignale für den Motor 22, welcher dann mit der vorgegebenen Solldrehzahl dreht.

[0022] In einer besonders vorteilhaften Ergänzung ist die Solldrehzahl $NELSOLL$ bzw. die Istverhältnis des Motors 22 begrenzt, so dass eine vorgegebene Bordnetzspannung nicht unterschritten wird. Dies bedeutet, dass, wenn die gemessene Bordnetzspannung einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet, ein weiteres Ansteigen der Solldrehzahl oder der Istverhältnis durch Begrenzen des entsprechenden Werts verhindert wird.

[0023] Als Überhitzungsschutz für den Motor des elektrischen Laders (EL) wird ergänzend die Einschaltzeitdauer des elektrischen Laders auf einen Maximalwert begrenzt. Nach Ablauf dieser Maximalzeit wird bei Erreichen des Abschaltzeitpunktes der elektrische Hilfslander wieder abgeschaltet. Die Abschaltung erfolgt dabei in einem bevorzugtem Ausführungsbeispiel als rampenförmige Abregelung mit vorgegebener Steigung, d. h. es erfolgt eine Reduzierung der Solldrehzahl mit vorgegebener Steigung bis auf den Wert Null. Die oben erwähnte Maximalzeit ist dabei in einem Ausführungsbeispiel betriebsgrößenabhängig, insbesondere von der Aussentemperatur und/oder der Motortemperatur des elektrischen Hilfsladers und/oder der Ladebilanz der Batterie und/oder der Bordnetzspannung. Dabei ist der Maximalwert kleiner, je größer die Temperatur, je schlechter die Ladebilanz oder je niedriger die Bordnetzspannung ist.

[0024] Ein weiteres Ausführungsbeispiel stellt das in Fig. 2 dargestellte Ablaufdiagramm dar. Auch dieses Ablaufdiagramm beschreibt das Programm eines Mikrocomputers der Steuereinheit 28, wobei die einzelnen Blöcke Programme, Programmteile oder Programmschritte, die Verbindungslinien den Informationsfluss darstellen. Die bereits anhand Fig. 1 erwähnten Elemente tragen in Fig. 2 dieselben Bezugszeichen und weisen dieselbe Funktion auf.

[0025] Wesentlicher Unterschied zwischen den Vorgehensweisen der Fig. 1 und der Fig. 2 besteht darin, dass bei der Bestimmung des Verdichterdruckverhältnisses des Abgasturboladers bei der Ausführung der Fig. 2 Größen in Abhängigkeit des Umgebungsdrucks P_u und der Abgastemperatur T_{ABG} eingesetzt werden. Zunächst bei der Vorgehensweise der Fig. 2 wird der stationär erreichbare Wert des Verdichterdruckverhältnisses $VPATL_{STAT}$ im Kennfeld 102 in Abhängigkeit der Abgastemperatur T_{ABG} , die beispielsweise mittels eines Sensors oder eines Berechnungsmodells erfasst wird, und der Motordrehzahl n_{mot} gebildet. Auch das Kennfeld 102 wird beispielsweise durch Prüfstandsmes-

sungen ermittelt. Der stationäre Wert wird dann in der Multiplikationsstelle **100** mit einem Korrekturwert korrigiert, welcher im Kennfeld **101** in Abhängigkeit der Motortemperatur und des Sollluftmassenstroms **MLSOLL** gebildet wird. Der Grund für diese Korrektur besteht in der Kopplung des Abgasturboladers und des elektrischen Hilfsladers, deren Wirkungen sich gegenseitig beeinflussen. Der korrigierte stationäre Wert des Verdichterverhältnisses des Abgasturboladers wird in einer weiteren Multiplikationsstufe **104** abhängig von einem weiteren Korrekturwert korrigiert. Letzterer wird durch die Kennlinie **106** in Abhängigkeit des Umgebungsdrucks p_u gebildet. Auch die Kennlinie **106** wird im Rahmen der Applikation ermittelt. Der auf diese Weise korrigierte stationäre Verdichterdruckverhältniswert des Abgasturboladers wird wie anhand **Fig. 1** beschrieben durch das Filter **36** in einen aktuellen Wert und durch die Umrechnung im Schritt **40** in einen Sollwert für das Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Hilfsladers (**EL**) umgerechnet. Letzteres wird dann über das Kennfeld **46** in die Solldrehzahl umgewandelt, die entsprechend der Darstellung anhand **Fig. 1** eingestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines elektrisch betriebenen Laders, welcher mit einem Abgasturbolader zur Verdichtung der angesaugten Luft einer Brennkraftmaschine zusammenwirkt, wobei ein Ansteuersignal gebildet wird, welches den elektrischen Lader ansteuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ansteuersignal in Abhängigkeit eines einzustellenden Druckverhältnisses über dem elektrischen Lader erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zu erwartende Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Laders in Abhängigkeit des Verdichterdruckverhältnisses des Abgasturboladers bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterverhältnis des Abgasturboladers nach Maßgabe von Motordrehzahl und einem vorgegebenen Wert für die Luftströmung zur Brennkraftmaschine gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckverhältnis des Abgasturboladers mittels eines Filters gefiltert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitkonstante bzw. die Zeitkonstanten des Filters betriebsgrößenabhängig, vorzugsweise motordrehzahlabhängig sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das einzustellende Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Laders auf der Basis des Verdichterdruckverhältnisses des Abgasturboladers, des Umgebungsdrucks und eines Ladedruckwerts ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung des Verdichterdruckverhältnis des Abgasturboladers Umgebungsdruck und/oder Abgastemperatur berücksichtigt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig vom einzustellenden Verdichterdruckverhältnisses und des vorgegebenen Wertes für die Luftströmung ein Solldrehzahlwert für den elektrischen Hilfslander gebildet wird, welcher mittels einer Drehzahlregelung oder Drehzahlsteuerung eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck vor dem elektrischen Hilfslander gemessen wird, daraus das Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Hilfsladers bestimmt wird und der elektrische Lader abhängig vom einzustellenden Verdichterdruckverhältnis und dem ermittelten Verdichterdruckverhältnis angesteuert wird.

10. Vorrichtung zur Steuerung eines elektrisch betriebenen Laders, welcher mit einem Abgasturbolader zum Verdichten der einer Brennkraftmaschine zugeführten Luft zusammenwirkt, mit einer Steuereinheit, welche ein Ansteuersignal zur Ansteuerung des elektrischen Laders erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit Ansteuersignalbildungsmittel umfasst, welche das Ansteuersignal abhängig vom einzustellenden Verdichterdruckverhältnis des elektrischen Laders einstellen.

11. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

12. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem Computer lesbaren Datenträger gespeichert sind, um das Verfahren nach jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, wenn das Programmprodukt auf einem Computer ausgeführt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

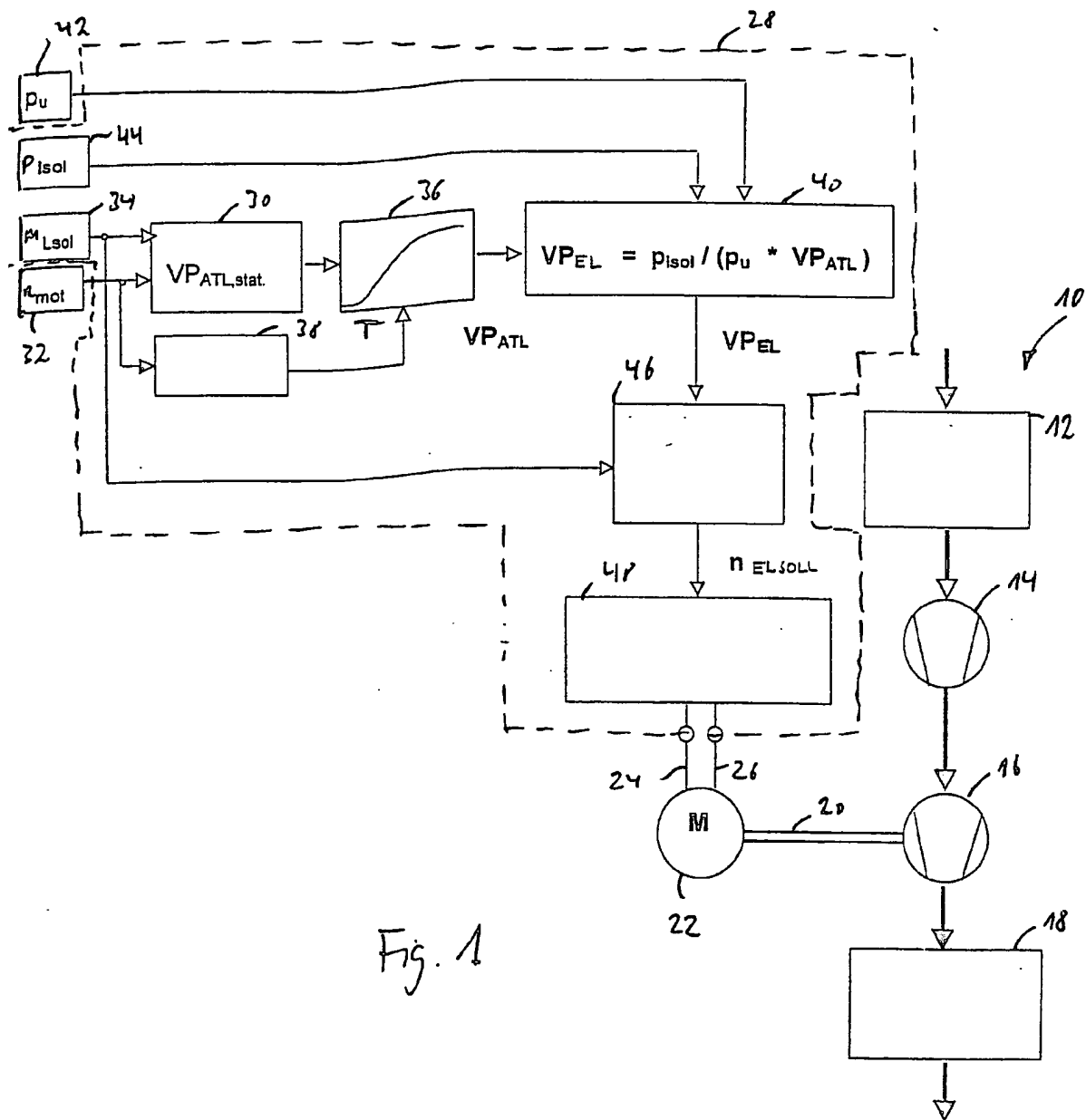
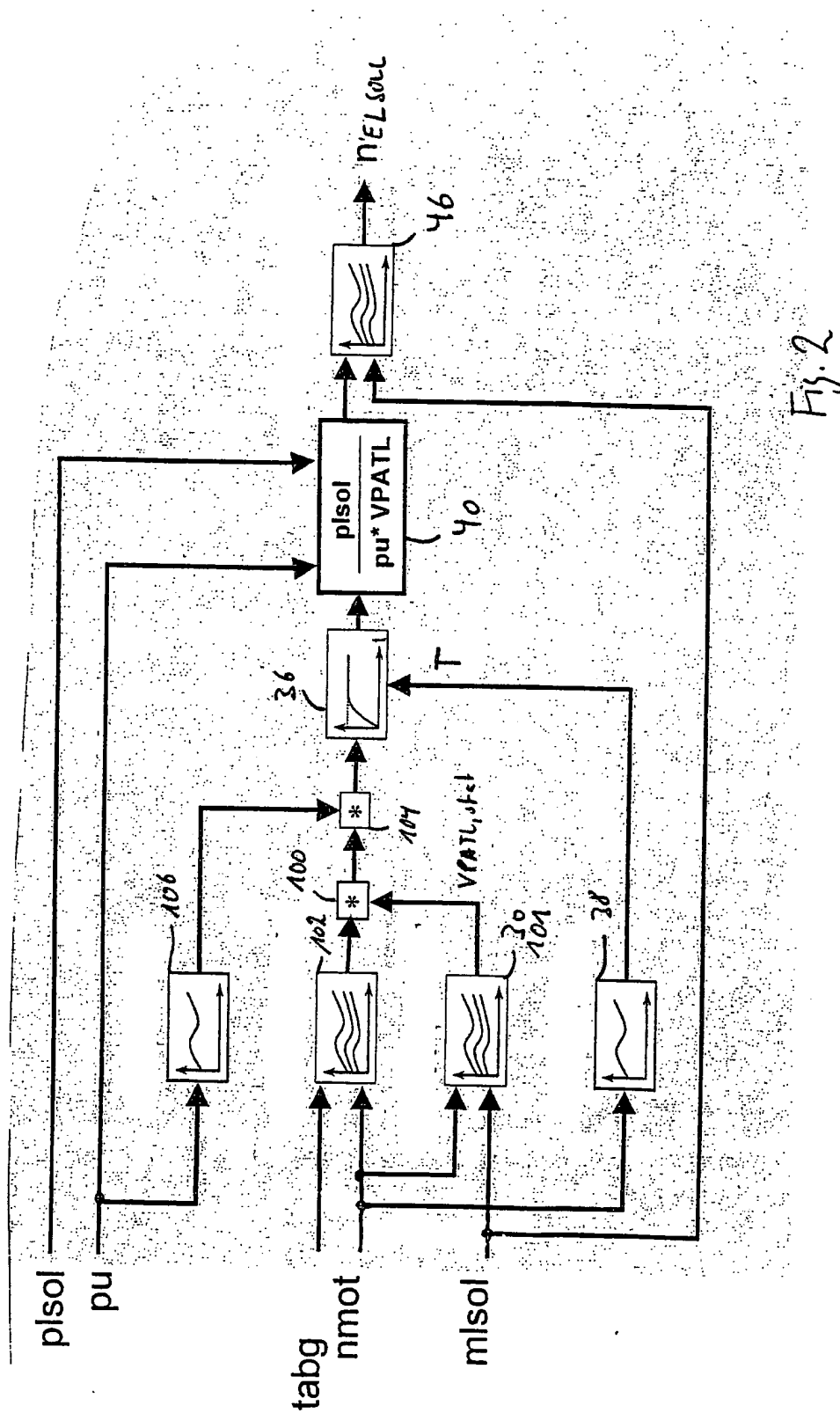


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY